



**universitätsverlag**  
*ilmenau*

---

*Schwabe, Jörg-Henry:*

**Planetenmischer mit dynamisch getriebenen Mischarmen**

**URN:** urn:nbn:de:gbv:ilm1-2013100033-161-9

**URL:** <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:gbv:ilm1-2013100033-161-9>

---

***Erschienen in:***

10. Kolloquium Getriebetechnik : Technische Universität Ilmenau, 11. - 13. September 2013. - Ilmenau : Univ.-Verl. Ilmenau, 2013. - S. 161-168.  
(Berichte der Ilmenauer Mechanismentechnik ; 2)

ISSN: 2194-9476

ISBN: 978-3-86360-065-5 [Druckausgabe]

URN: urn:nbn:de:gbv:ilm1-2013100033

URL: <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:gbv:ilm1-2013100033>

## PLANETENMISCHER MIT DYNAMISCH GETRIEBENEN MISCHARMEN

*Jörg-Henry Schwabe\**

\* Ernst-Abbe-Fachhochschule Jena, Fachbereich Maschinenbau, Fachgebiet  
Getriebetechnik und Maschinendynamik, E-Mail: joerg-henry.schwabe@fh-jena.de

### **Abstract**

Planetenmischer werden unter anderem zum Mischen von Betongemengen genutzt. Das Wirkprinzip der Planetenmischer besteht darin, dass die konstante Winkelgeschwindigkeit der Planetenräder, an denen die Mischarme befestigt sind, mit der Drehung des Planetenträgers überlagert wird. Die Geschwindigkeit der Mischwerkzeuge im Mischbehälter ändert sich daher in Abhängigkeit des Aufenthaltsortes. Ziel einer Weiterentwicklung der Planetenmischer ist die weitere Verbesserung der Mischwirkung.

Durch den Einsatz getriebetechnischer Lösungen werden die Geschwindigkeiten der Mischwerkzeuge auf ihren momentanen Aufenthaltsort angepasst. Die Entwicklung wurde durch getriebetechnische Simulationen mit SAM und Mehrkörper-Simulationen mit ADAMS unterstützt. Zur Abschätzung der Mischwirkung der neu entwickelten Mischer wurden Mischsimulationen nach der Diskreten-Elemente-Methode mit EDEM eingesetzt.

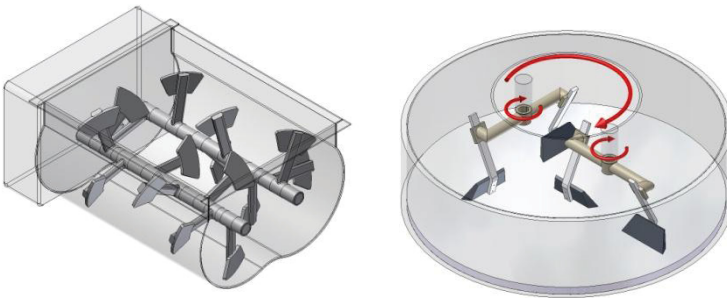
Planetary mixers are used for mixing concrete mix. The principle of the planetary mixer is that the constant angular velocity of the planet gears, on which the mixing tools are attached, is superimposed on the rotation about the chamber axis. The velocity of the mixing tools in the mixing chamber therefore varies as a function of the location. The objective of advancement of the planetary mixer is to enhance the mixing quality.

By using mechanical solutions the velocity of the mixing tool can be adapted to its current location. The development was supported by simulations with SAM, ADAMS and EDEM.

## 1 Planetenmischer

Bei der Herstellung von Beton sind die Ausgangsstoffe Zement, Gesteinskörnungen, Wasser sowie Zusatzstoffe und –mittel möglichst homogen zu vermischen, um die bestmöglichen Betoneigenschaften zu erreichen. Abb. 1 zeigt typische Bauformen von Mixern für die industrielle Betongemengeherstellung.

Planetenmischer bestehen aus einem oder mehreren Mischsternen, bei denen die Mischsternrotation um die Mischsternachse und die Sternachsenrotation um die Behälterachse überlagert werden (s. Abb. 1). Getriebetechnisch erfolgt dies meist unter Nutzung eines offenen Zahnrad-Planetengetriebes.

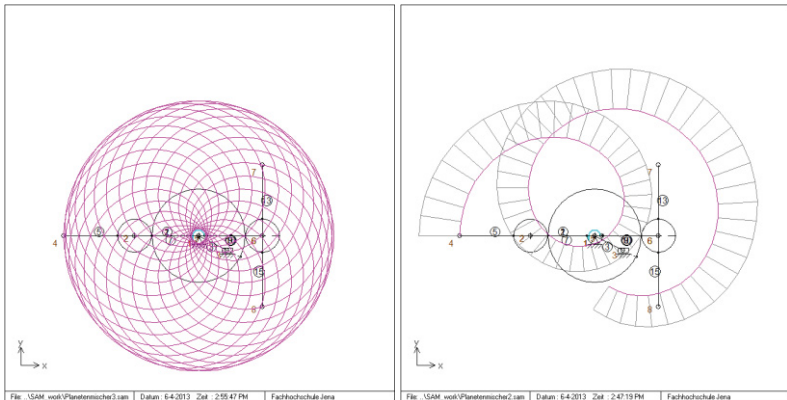


**Abb. 1:** Bauformen von Betonmischern, links: Doppelwellenmischer, rechts: Planetenmischer [1]

## 2 Analyse der Bewegung des Planetenmischers

Das Verhältnis der Winkelgeschwindigkeiten von Stern- und Planetenträgerbewegung wird derart gewählt, dass über wenige Umdrehungen des Planetenträgers der gesamte Boden des Mischgutbehälters von den Mischschaufeln gleichmäßig überstrichen wird. Abb. 2 zeigt dies für einen Planetenmischer mit zwei Sternen zu je zwei Mischschaufeln. Das Modell wurde im Programmsystem SAM 6.1 aufgebaut, die Bahnkurven stehen für die Schaufelmitten. Mit dem Geschwindigkeitshodograph wird grafisch verdeutlicht, dass die Geschwindigkeit der Mischschaufel gegenüber dem Mischbehälter im

Außenbereich des Behälters größer ist als im Innenbereich. Ursache ist die Addition der Geschwindigkeiten aus den beiden Rotationen im Außenbereich und Subtraktion im Innenbereich.



**Abb. 2:** Planetenmischer mit festen Mischarmen, links: Bahnkurven der Mischschaufeln, rechts: Geschwindigkeitshodograph an einer Schaufel

### 3 Lösungsansätze zur Beeinflussung der Bahngeschwindigkeit der Mischwerkzeuge

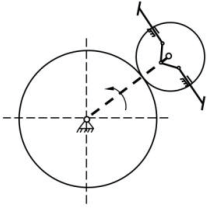
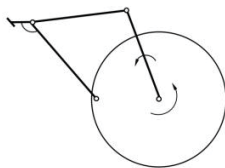
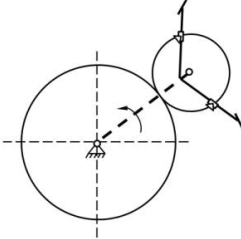
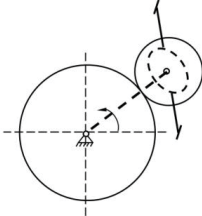
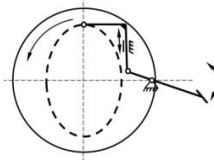
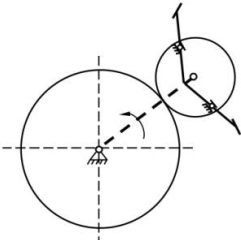
Hohe Geschwindigkeiten der Mischwerkzeuge im Außenbereich erhöhen die Gefahr von Entmischungen und geringe Geschwindigkeiten im Innenbereich senken die Mischwirkung. Zur Verbesserung der Mischwirkung wird daher angestrebt, dass die Geschwindigkeiten der Mischschaufeln nur geringe Unterschiede zwischen dem Außen- und Innenbereich des Mischbehälters haben.

Unter Beibehaltung einer konstanten Rotation des Planetenträgers und damit der Sternachsen kann die momentane Mischschaufelgeschwindigkeit

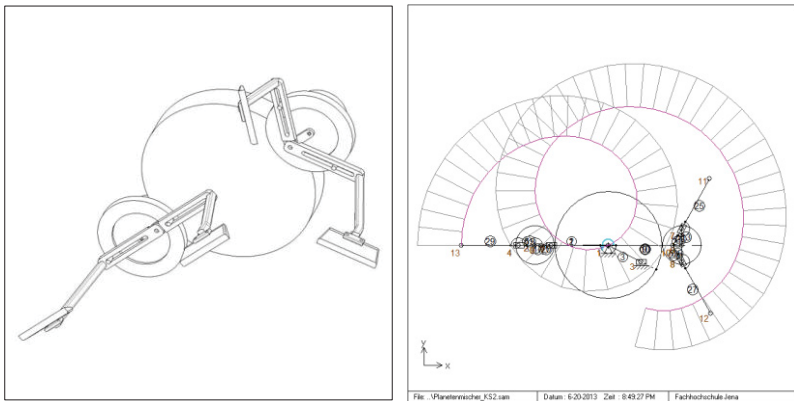
- durch Veränderung des Radius zur Planetendrehachse,
- durch Veränderung der momentanen Winkelgeschwindigkeit am Planet oder
- durch eine Kombination daraus realisiert werden.

In Tab. 1 sind Beispiele getriebetechnischer Lösungsansätze, ausgehend vom Bezugssystem Planet, dargestellt.

**Tab. 1:** Beispiele für getriebetechnische Lösungsansätze zur Beeinflussung der Bahngeschwindigkeit der Mischwerkzeuge [2]

Veränderung des Radius	Veränderung der Winkelgeschwindigkeit	Kombinationen
<p>Schubkurbelgetriebe</p> 	<p>Doppelkurbel</p> 	<p>Kurbelschleife</p> 
<p>Kurvengetriebe</p> 	<p>Kurvengetriebe</p> 	<p>Schubkurbel mit erweiterter Koppel</p> 

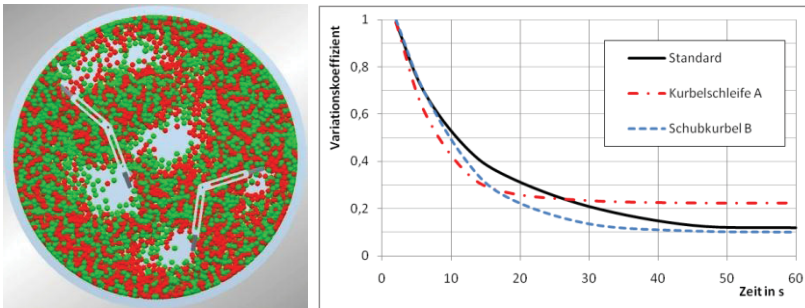
Mit dem Getriebesimulationssystem SAM können die Lösungsansätze schnell überprüft werden. Abb. 3 zeigt eine weitere Detaillierung des Ansatzes der Kurbelschleife, der für die weitere Umsetzung verfolgt werden soll. Am Geschwindigkeitshodographen ist eine annähernd gleiche Bahngeschwindigkeit der Mischschaufel zu erkennen.



**Abb. 3:** Konzept eines Planetenmischers mit zwei Sternen zu je zwei Mischarmen mit Kurbelschleife, links: konstruktive Struktur [3], rechts: Geschwindigkeitshodograph einer Mischschaufel in SAM

## 4 Simulation des Mischvorgangs

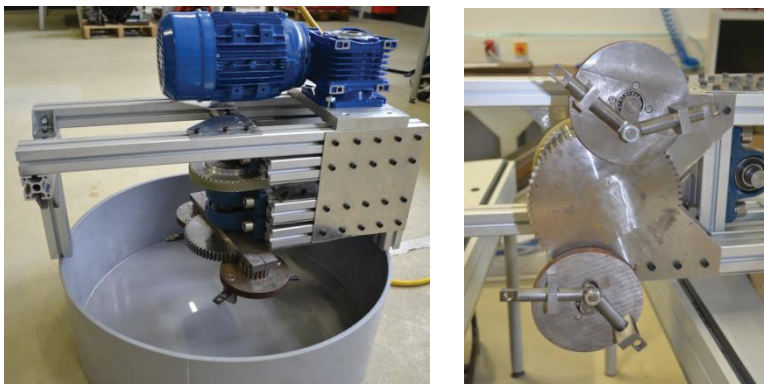
Zielsetzung der Weiterentwicklung der Planetenmischer ist eine weitere Verbesserung der Mischwirkung. Um bereits in einer frühen Phase der Entwicklung das Potential der Verbesserung der Mischwirkung abschätzen zu können, werden Simulationen des Mischvorgangs nach der Diskreten-Elemente-Methode (DEM) vorgenommen. Dabei können die Bewegungen der Mischungsbestandteile als einzelne Partikel mit ihrer Interaktion untereinander und den Wänden (Behälter und Mischwerkzeuge) simuliert werden [4]. Die Mischgüte wird durch die Bildung eines Variationskoeffizienten der Mischungszusammensetzung in mehreren Mischproben beurteilt [1]. Abb. 4 zeigt Ergebnisse erster vergleichender Untersuchungen zu dem neuen Mischerkonzept. Demnach bestehen Potentiale sowohl hinsichtlich einer schnelleren Durchmischung als auch der absolut erreichbaren Mischgüte. Die Untersuchungen in [2] haben zudem gezeigt, dass eine weitere Anhebung der Werkzeuggeschwindigkeit im Innenbereich zusätzliche Nutzeffekte haben kann.



**Abb. 4:** Simulation des Mischvorgangs nach der Diskreten-Elemente-Methode (Programmsystem EDEM); links: Modellansicht, rechts: Zeitliche Entwicklung der Mischgüte für verschiedene Mischerkonzepte [2]

## 5 Konstruktion und Aufbau eines Funktionsmusters

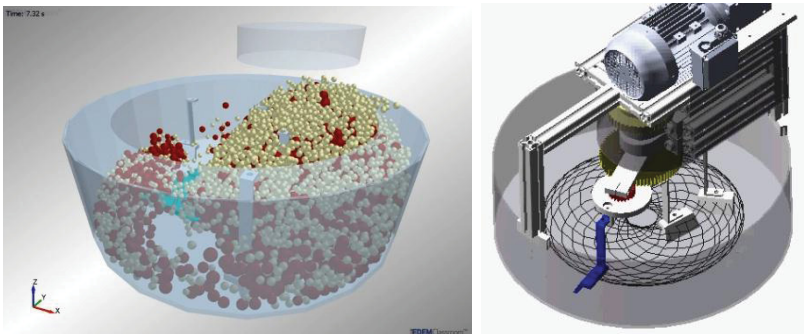
Es ist ein Funktionsmuster nach dem Konzept der Kurbelschleife konstruiert und aufgebaut worden, um erste Erfahrungen mit dem neuen Mischer hinsichtlich Getriebe- und Mischeigenschaften sammeln zu können [5] (Abb. 5).



**Abb. 5:** Funktionsmuster im Maschinenlehrlabor der Erst-Abbe-Fachhochschule Jena, links: Gesamtgetriebe auf Mischbehälter, rechts: Detailansicht Kurbelschleifen

Das Mischbehältervolumen wurde für Laborzwecke auf 20 l reduziert. Die Antriebsdrehzahl kann über einen Frequenzumrichter geregelt werden. Für vergleichbare Mischwerkzeuggeschwindigkeiten im Gemenge sind bei den kleineren Hebelarmen größere Drehzahlen notwendig.

Parallel zum Aufbau und zum Test des Funktionsmusters wurden mit den CAD-Daten des Funktionsmusters DEM- und MKS-Simulationen durchgeführt (Abb. 6). Die MKS-Simulationen geben z.B. auch Aufschluss über das Antriebsmoment. Insbesondere bei einer verstärkten Beschleunigung der Mischwerkzeuge für den Weg durch den inneren Behälterbereich sind periodisch veränderliche Antriebsmomente für das vorliegende ungleichmäßig übersetzende Getriebe festzustellen und in der Auslegung zu beachten.



**Abb. 6:** Simulationen zum Funktionsmuster; links: Startphase der DEM-Simulation [6], rechts: MKS-Modell mit Bahnkurven [7]

## 6 Zusammenfassung

Zur weiteren Verbesserung der Mischwirkung ist ein klassisches Planetenmischergetriebe mit getriebetechnischen Lösungen zur Beeinflussung der Bahngeschwindigkeiten der Mischwerkzeuge kombiniert worden. Die Entwicklung wurde durch getriebetechnische Simulationen sowie MKS- und DEM-Simulationen unterstützt. Es ist ein Funktionsmuster geschaffen worden, mit dem erste praktische Erfahrungen gesammelt werden sollen.



## Literatur

- [1] Kuch, H.; Schwabe, J.-H.; Palzer, U.: Herstellung von Betonwaren und Betonfertigteilen. Verlag Bau+Technik Düsseldorf 2009, ISBN 978-3-7640-0507-8
- [2] Kranz, B.: Untersuchung der Machbarkeit eines neuen Planetenmischerkonzeptes mit Hilfe von Pro/ENGINEER und dem Partikelsimulationsprogramm EDEM von DEM Solution. Masterarbeit Ernst-Abbe-Fachhochschule Jena, 2012
- [3] Schutzrechtsanmeldung AKZ 10 2012 210 558.1 (2012) – Schwabe, J.-H. (Erfinder); Kranz, B. (Erfinder): Planetenmischwerkzeug
- [4] Schwabe, J.-H.; Kuch, H.: Development and Control of concrete mix processing procedures. In: Proceedings 18<sup>th</sup> BIBM Congress Amsterdam 2005, S. 108-109
- [5] Mittenzwei, D.; Zeh, H.: Aufbau eines Funktionsmusters von einem Planetenmischer. Praxissemesterbericht, Ernst-Abbe-Fachhochschule Jena, 2013
- [6] Kohl, T.; Hüller, D.: DEM-Simulation eines Planetenmischers. DEM-Beleg, Ernst-Abbe-Fachhochschule Jena, 2013
- [7] Kohl, T.; Hüller, D.; Gossel, M.: MKS-Simulation des Funktionsmusters eines Planetenmischers. MKS-Beleg, Ernst-Abbe-Fachhochschule Jena, 2013